

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-263627

(43)Date of publication of application : 28.09.1999

(51)Int.Cl.

C03B 11/00
// G02B 3/08
G02B 5/18

(21)Application number : 10-343275

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 02.12.1998

(72)Inventor : OMORI MASAKI
NAKAGAWA NOBUYUKI
MIYAZAKI SUNAO
HIRABAYASHI KEIJI
HASHIMOTO SHIGERU
YAMAMOTO KIYOSHI

(30)Priority

Priority number : 09335422 Priority date : 05.12.1997 Priority country : JP

(54) PRESS FORMING METHOD FOR OPTICAL ELEMENT AND FORMING MOLD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to mold optical elements, such as Fresnel lenses, having fine patterns without fusing and cracking, by press-forming a glass blank in a heat softened state with a pair of upper and lower molds and parting the one surface of the glass blank formed by the forming surfaces of mold members from the molds at a temp. corresponding to a specific glass viscosity or above.

SOLUTION: This process for production consists of producing the optical elements, such as concave lenses and more particularly diffraction gratings and Fresnel lenses, having the fine patterns without the occurrence of craze and crack. More particularly in the press forming of the optical elements having the fine patterns on one surface, the coefft. of thermal expansion of the glass at the time of parting is larger than that of the mold members and the parting of the surface of the fine patterns is execute by opening the molds at the temp. corresponding to 1012 dPaS in glass viscosity or above in order to prevent the glass from being held by the ruggedness of the mold surfaces. The forming surfaces of the upper mold member having the fine patterns is preferably coated with a hard carbon film, etc., and the forming surface of the lower mold member is preferably composed of TiN, SiC or noble metals. The fine patterns are rugged shapes of 0.1 to 50 μ m.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-263627

(43)公開日 平成11年(1999)9月28日

(51)Int.Cl.⁶
C 0 3 B 11/00
// G 0 2 B 3/08
5/18

識別記号

F I
C 0 3 B 11/00
G 0 2 B 3/08
5/18

M
C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-343275
(22)出願日 平成10年(1998)12月2日
(31)優先権主張番号 特願平9-335422
(32)優先日 平9(1997)12月5日
(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72)発明者 大森 正樹
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 中川 伸行
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 宮▲崎▼ 直
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(74)代理人 弁理士 山下 輝平

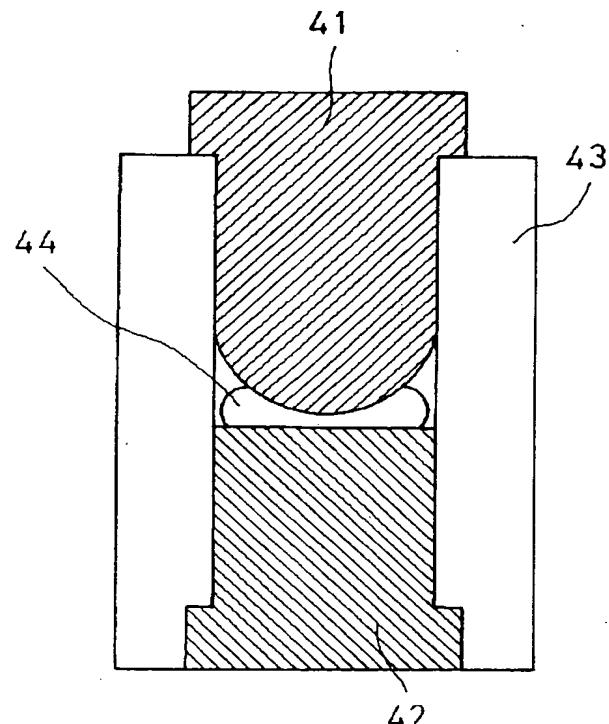
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子のプレス成形方法および成形型

(57)【要約】

【課題】 ガラス素材をプレス成形した後、成形されたガラス成形品と型部材との熱収縮率の差に起因する大きな応力がガラス成形品に働く以前に、型部材からのガラス成形品の拘束を解除して、上記ガラス成形品のワレやクラックを防止する光学素子の成形方法及び成形型を提供する。

【解決手段】 上下一対の型部材により、加熱軟化状態のガラス素材をプレス成形して光学素子を得る方法において、各型部材の成形面により成形されたガラス素材が、その片方の面だけを、そのガラス粘度で 10^{12} dP a S に相当する温度以上で離型する状態で、型開きすることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 上下一対の型部材により、加熱軟化状態のガラス素材をプレス成形して光学素子を得る方法において、各型部材の成形面により成形されたガラス素材が、その片方の面だけを、そのガラス粘度で 10^{12} dPaSに相当する温度以上で離型する状態で、型開きすることを特徴とする光学素子のプレス成形方法。

【請求項2】 前記の、成形されたガラス素材の片方の面だけを離型させる温度が、そのガラス粘度で 10^9 dPaSに相当する温度以下であることを特徴とする請求項1に記載の光学素子の成形方法。

【請求項3】 型部材からの成形品の取り出しが、そのガラス粘度で 10^{13} dPaSに相当する温度以下であることを特徴とする請求項1あるいは2に記載の光学素子の成形方法。

【請求項4】 成形される光学素子の片方の面形状が、冷却時に型部材の対応面を挟み込む形状であることを特徴とする請求項1ないし3の何れかに記載の光学素子の成形方法。

【請求項5】 上下一対の型部材により、ガラス素材の少なくとも一面に微細パターン（0.1μm以上で $50\mu\text{m}$ 以下のオーダーを持つ凹凸形状）を転写して、所要の光学有効面を形成する光学素子のプレス成形方法において、微細パターンを有する成形面を、これを転写したガラス成形品の面から、そのガラス粘度で 10^{12} dPaSに相当する温度以上で、離型させるように、プレス成形を実施することを特徴とする光学素子のプレス成形方法。

【請求項6】 上下一対の型部材により、ガラス素材の一面に微細パターン（0.1μm以上で $50\mu\text{m}$ 以下のオーダーを持つ凹凸形状）を転写して、ガラス成形品に所要の光学機能面を形成する光学素子のプレス成形型において、上型部材の、微細パターンを有する成形面の離型時におけるガラス離型性よりも、下型部材の、微細パターンのない成形面のガラス離型性が低くなるように、上記型部材の成形面における材質、あるいは／および、表面粗さを選択して、両型部材の成形面を設定したことを特徴とする光学素子のプレス成形型。

【請求項7】 上型部材の、微細パターンを有する成形面を、硬質炭素膜、i-C、アモルファス炭化水素膜の何れかでコーティングし、下型部材の、微細パターンのない成形面を、TiN、TaN、TiC、TaC、SiC、SiNなどの硬質セラミック、または、Pt、Pd、Ir、Rh、Os、Ru、Re、W、Taの内の一種以上を含む貴金属合金で構成したことを特徴とする請求項6に記載の光学素子の成形型。

【請求項8】 上型部材の、微細パターンを有する成形面全領域と、下型部材の、微細パターンのない成形面の、少なくともプレス成形された光学素子の光学有効面に対応する部分領域とを、硬質炭素膜、i-C、アモル

ファス炭化水素膜の何れかでコーティングすると共に、下型部材の前記部分領域以外の成形面の部分領域をTiN、TaN、TiC、TaC、SiC、SiNなどの硬質セラミック、または、Pt、Pd、Ir、Rh、Os、Ru、Re、W、Taの内の一種以上を含む貴金属合金で構成したことを特徴とする請求項6に記載の光学素子の成形型。

【請求項9】 上型部材の、微細パターンを有する成形面全領域と、下型部材の、微細パターンのない成形面の、少なくともプレス成形された光学素子の光学有効面に対応する部分領域との表面粗さを、R_{max}で20nm以下に、また、下型部材の前記領域外の成形面の部分領域の表面粗さを、R_{max}で50nm以上2000nm以下にしたことを特徴とする請求項6に記載の光学素子の成形型。

【請求項10】 微細パターンを有する成形面についての離型時の温度を、ガラス粘度で 10^{12} dPaSに相当する温度以上に設定して、使用されることを特徴とする請求項6～9の何れかに記載の光学素子のプレス成形型。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学用の成形ガラス素材をプレス成形して、例えば、回折格子やフレネルレンズなどの、微細パターンを有する高精度な光学有効面を持った光学素子を得るための、プレス成形方法および成形型に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、研削及び研磨工程を経ずに、所定の表面精度を有する成形用型内にガラス光学素子材料を収容してプレス成形することにより、光学機器などに使用されるレンズなどの光学素子を成形する方法が提唱される（例えば、特公昭61-32263号公報に所載）。ここでは、ある程度の形状及び表面精度に予備成形されたガラスプランクを成形用型内に収容して、加熱下でプレス成形する。

【0003】 このようなプレス成形法では、一般に、成形用上型部材と成形用下型部材とをそれぞれ成形用胴型部材内に摺動可能に対向配置し、これら上下型部材および胴型部材により形成されるキャビティ内に成形用ガラス素材を導入し、成形可能温度まで型部材を加熱し、型を開じ、適宜な時間、プレスして、型部材の成形面の形状を成形用ガラス素材に転写し、そして、型部材温度を成形用ガラス転移温度より十分に低い温度まで冷却し、プレス圧力を除去し、型を開いて、成形済みの光学素子（ガラス成形品）を取り出すのである。なお、この場合、型部材の酸化防止のために、型部材が装備される雰囲気を非酸化雰囲気、例えば、窒素雰囲気にしている。

【0004】 以上のような光学素子のプレス成形法として、例えば、特開昭59-123631号公報に所載の

ものが知られている。ここでは、予め、ガラス素材を成形用型内に配置して、型とガラスを等温度状態で加熱して、所定温度でプレスした後に、200℃になつたら、型を開いてガラス成形品を取り出している。また、回折格子やフレネルレンズなどの、光学有効面に微細パターンを有する光学素子のプレス成形方法が、例えば、特公平5-73700号公報などに記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の従来例では、次のような問題点がある。つまり、目的とする光学素子の形状によって、冷却中に型内で割れを生じ、あるいは、光学素子の光学有効面に転写するための型部材の成形面への融着を生じてしまうことである。これはガラスの熱膨張率が型よりも遙かに大きいためであり、特に、冷却時にガラスが型の成形面での凹凸を挟み込むような熱応力を発生する場合に、多く発生する。

【0006】これは、両面凸レンズでは起こらないが、凹レンズやメニスカスレンズ、特に回折格子やフレネルレンズなどの、光学有効面に微細パターンを有する光学素子（例えば、特公平5-73700号公報などに記載のもの）や複雑な形状のプリズムなどの場合に、問題となる。

【0007】なお、ここで、微細パターンとは、0.1μm以上、50μm以下のオーダーを持つ凹凸形状を意味する。例えば、図11に示すようなフレネルレンズや、図12に示すような回折格子などのガラス成形品を成形する場合に、その一方の光学有効面に形成されているのが、それである。

【0008】このような、微細パターンを有する光学素子のプレス成形では、上記従来例に示されているように、そのガラスの転移温度もしくはそのガラスの粘度で10¹³dPaSに相当する温度まで型内で冷却すると、ガラスと型の熱収縮率の差に起因する応力により、微細パターンの部分で応力集中が起こり、そこで、ガラスにワレやクラックを生じ、もしくは、型への融着といった現象が発生する。

【0009】本発明は、上記事情に基づいてなされたもので、その目的とするところは、ガラス素材をプレス成形した後、成形されたガラス成形品と型部材との熱収縮率の差に起因する大きな応力がガラス成形品に働く以前に、型部材からのガラス成形品の拘束を解除して、上記ガラス成形品のワレやクラックを防止する光学素子の成形方法を提供することである。

【0010】また、本発明の他の目的とするところは、少なくとも、片面に微細パターンを有する光学素子などをプレス成形する場合、離型に際して、微細パターンを有する面を成形する型部材からのガラス成形品の離脱を、微細パターンのない面を成形する型部材からのガラス成形品の離脱よりも早めて、光学有効面の精度を損なわない状態で、しかも、ワレやクラックないガラス成形

品を得るための光学素子の成形型を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】このため、本発明では、上下一対の型部材により、加熱軟化状態のガラス素材をプレス成形して光学素子を得る方法において、各型部材の成形面により成形されたガラス素材が、その片方の面だけを、そのガラス粘度で10¹²dPaSに相当する温度以上で離型する状態で、型開きすることを特徴とする。

【0012】この場合、前記の、成形されたガラス素材の片方の面だけを離型させる温度が、そのガラス粘度で10⁹dPaSに相当する温度以下であること、型部材からの成形品の取り出しが、そのガラス粘度で10¹³dPaSに相当する温度以下であることが、その実施の形態として好ましい。

【0013】更に言うならば、本発明では、上下一対の型部材により、ガラス素材の少なくとも一面に微細パターン（0.1μm以上で50μm以下のオーダーを持つ凹凸形状）を転写して、所要の光学有効面を形成する光学素子のプレス成形方法において、微細パターンを有する成形面を、これを転写したガラス成形品の面から、そのガラス粘度で10¹²dPaSに相当する温度以上で、離型させるように、プレス成形を実施することを特徴とする。

【0014】また、本発明では、上下一対の型部材により、ガラス素材の一面に微細パターン（0.1μm以上で50μm以下のオーダーを持つ凹凸形状）を転写して、ガラス成形品に所要の光学機能面を形成する光学素子のプレス成形型において、上型部材の、微細パターンを有する成形面の離型時におけるガラス離型性よりも、下型部材の、微細パターンのない成形面のガラス離型性が低くなるように、型部材の成形面における材質、あるいは／および、表面粗さを選択して、両型部材の成形面を設定したことを特徴とする。

【0015】この場合、上型部材の、微細パターンを有する成形面を、硬質炭素膜、i-C、アモルファス炭化水素膜の何れかでコーティングし、下型部材の、微細パターンのない成形面を、TiN、TaN、TiC、TaC、SiC、SiNなどの硬質セラミック、または、Pt、Pd、Ir、Rh、Os、Ru、Re、W、Taの内の一種以上を含む貴金属合金で構成するとよい。

【0016】また、上型部材の、微細パターンを有する成形面全領域と、下型部材の、微細パターンのない成形面の、少なくともプレス成形された光学素子の光学有効面に対応する部分領域とを、硬質炭素膜、i-C、アモルファス炭化水素膜の何れかでコーティングすると共に、下型部材の前記部分領域以外の成形面の部分領域をTiN、TaN、TiC、TaC、SiC、SiNなどの硬質セラミック、または、Pt、Pd、Ir、Rh、

Os, Ru, Re, W, Taの内の一以上を含む貴金属合金で構成してもよい。

【0017】更に、上型部材の、微細パターンを有する成形面全領域と、下型部材の、微細パターンのない成形面の、少なくともプレス成形された光学素子の光学有効面に対応する部分領域との表面粗さを、R_{max}で20nm以下に、また、下型部材の前記領域外の成形面の部分領域の表面粗さを、R_{max}で50nm以上2000nm以下にしてもよい。

【0018】なお、これら型部材の成形面の材質、あるいは／および、表面粗さを選択する場合には、微細パターンを有する成形面についての離型時の温度を、ガラス粘度で10¹²dPaSに相当する温度以上に設定して、使用するのがよい。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光学素子の成形方法および成形型についての実施の形態を具体的に説明する。

【0020】(第1の実施の形態) 図1は本発明に係わる第1の実施の形態を示す図であり、図中、符号41は上型部材、42は下型部材、43は胴型、44は光学素子などの、ガラス成形品である。

【0021】ここでは、型材料として、超硬合金を用いており、その成形面(成形されるべき光学素子の光学有効面を転写するための成形面)の形状を所定に研削、研磨加工して、それぞれの型部材が得られる。更に、上型部材41の成形面には、i-C膜をコーティングし、下型部材42の成形面には、TiN膜をコーティングしている。なお、成形される光学素子は外径=Φ30mm、中心厚=1mm、R1=15mm、R2=200mmの凹メニスカスレンズである。また、ガラスの素材としては、SK12(n_d=1.58313、νd=59.4、T_g=506°C、A_t=538°C)を用い、所定の容量のプリフォームを準備した。

【0022】そして、該プリフォームを図1に示すような型内に投入し、型全体を成形装置(図示せず)に設置

して、雰囲気を窒素ガスとし、その中で、600°Cに加熱した。更に、上型部材41を降下させて、プレス成形を行い、ガラスの厚みが所定の厚みになった後に、型閉じのまま、型全体を冷却した。

【0023】その後、515°C(ガラス粘度で10¹²dPaS相当)まで冷却されたとき、上型部材41を上昇させ、上型部材41と成形品44とを相互に分離(離型)させた。この時、下型部材42と成形品44とは、互いに付着したままである。そして、更に冷却して、500°Cで成形品44を下型部材42から取り出した。この時、下型部材42と成形品44とは付着していなかつた。その結果、取り出した成形品4には、何らの割れもなく、良好な品質が確保された。

【0024】因みに、上型部材41の上昇温度を535°C、557°C、584°Cに変更して、上述と同様な成形を行ったが、何れも、良好な結果を得た。次に、本発明の実施の形態との比較例として、上型部材41の上昇温度を596°Cにすると、離型は可能であるが、取り出した成形品の光学有効面(光学機能面とも言う)の形状が所期の形よりも変形していた。更に別の比較例として、上型の上昇温度を505°Cに下げるとき、取り出した成形品に、特に、その上型部材41の成形面との間で、割れが発生しているのが観察された。

【0025】次に上型部材41の上昇温度を557°Cとし、下型部材42からの成形品44の取り出し温度を450°Cにしたが、結果は良好であった。これとの比較例として、取り出し温度を505°Cに上げると、取り出すことは可能であったが、成形品の上下面の形状(光学有効面)が所期の形状よりも変形していた。さらに別の比較例として、取り出し温度を515°Cに上げたが、この場合は成形品44と下型部材42とが固着しており、その温度では取り出しが困難であった。以上の結果を以下の表により示すことにする。

【0026】

【表1】

	上型の上昇温度	成形品取り出し温度	結果
1	515°C (10^{12} dPaS)	500°C (10^{13} dPaS)	OK
2	535°C (10^{11} dPaS)	500°C (10^{13} dPaS)	OK
3	557°C (10^{10} dPaS)	500°C (10^{13} dPaS)	OK
4	584°C (10^9 dPaS)	500°C (10^{13} dPaS)	OK
5	596°C ($10^{8.5}$ dPaS)	500°C (10^{13} dPaS)	上面形状が変形
6	505°C ($10^{12.5}$ dPaS)	500°C (10^{13} dPaS)	成形品に割れ発生
7	557°C (10^{10} dPaS)	450°C	OK
8	557°C (10^{10} dPaS)	505°C ($10^{12.5}$ dPaS)	上下面形状に変形
9	557°C (10^{10} dPaS)	515°C (10^{12} dPaS)	下型融着、取出不可

(第2の実施の形態) 図2は本発明に係わる第2の実施の形態を示す図である。ここで、符号45は上型部材、46は下型部材、47は成形品を示す。図3及び図4は成形品の寸法を示す図であり、本発明の、この実施の形態では、40mm×30mm、厚さ：10mmのプリズムを得ることを目標にしている。

【0027】ここでは、型材料として超硬合金を用い、型部材の成形面を、研削、研磨によって、図2に示すような形状に加工している。但し、上下型部材の形状を、各々単体の材料で製作することは困難であるから、複数の型部品を組み合わせて、各型部材45、46を形成した。更に、上型部材45の、上記プリズムの光学機能面に対応する成形面には、i-C膜をコーティングし、下型部材46の成形面には、SiCをコーティングした。ガラス材料としては、LaK12 (nd=1.6691, νd=55.4, Tg=530°C, At=562°C) を用い、所定の容量のプリフォームを準備した。

【0028】該プリフォームを図2に示すような型内に投入し、第1の実施の形態のように成形装置内に設置し、窒素ガス雰囲気中で610°Cに加熱した。そして、上型部材45を下降して、プレス成形を行い、所定の形状になったところで、型全体を冷却した。

【0029】そして、531°C (ガラス粘度で 10^{12} dPaS相当) まで冷却された時に、上型部材45を上昇させ、上型部材45と成形品47とを分離 (離型) させ

た。その時に、下型部材46と成形品47とは付着したままである。更に、冷却して513°Cで成形品47を下型部材46から取り出した。この時、下型部材46と成形品47とは互いに付着していなかった。その結果、取り出した成形品47には割れの発生が無く、良好な品質を確保していた。

【0030】次に、上型部材45を上昇させる温度を、549°C、567°C、587°Cに変更して、上述と同様に成形を行ったが、何れも良好な結果が得られた。次に、比較例として、上型部材45の上昇温度を600°Cにすると、離型は可能であったが、取り出した成形品の上面形状が変形していた。別の比較例として、更に上型部材45の上昇温度を522°Cに下げた場合、取り出した成形品には割れが発生しているのが観察された。

【0031】次に、上型部材45の上昇温度を567°Cにし、下型部材46からの成形品の取り出し温度を460°Cにしたが、結果は良好であった。その比較例として、次に、取り出し温度を522°Cに上げると、取り出すことは可能であったが、成形品の上下面形状が変形していた。更に、別の比較例として、取り出し温度を531°Cにしたが、この場合には、成形品と下型部材とが固着しており、その温度では、取り出すことができなかった。以上の成果を表2に示す。

【0032】

【表2】

	上型の上昇温度	成形品取り出し温度	結果
1	531°C (10^{12} dPaS)	513°C (10^{13} dPaS)	OK
2	549°C (10^{11} dPaS)	513°C (10^{13} dPaS)	OK
3	567°C (10^{10} dPaS)	513°C (10^{13} dPaS)	OK
4	587°C (10^9 dPaS)	513°C (10^{13} dPaS)	OK
5	600°C ($10^{8.5}$ dPaS)	513°C (10^{13} dPaS)	上面形状が変形
6	522°C ($10^{12.5}$ dPaS)	513°C (10^{13} dPaS)	成形品に割れ発生
7	567°C (10^{10} dPaS)	460°C	OK
8	567°C (10^{10} dPaS)	522°C ($10^{12.5}$ dPaS)	上下面形状に変形
9	567°C (10^{10} dPaS)	531°C (10^{12} dPaS)	下型融着、取出不可

(第3の実施の形態) 第3の実施の形態では、回折格子やフレネルレンズなどの微細パターンを有する光学素子で、プレス成形後の冷却工程において、ウレやクラックを生じる虞がある場合に対処している。

【0033】即ち、実際、ガラス素材のガラス転移温度もしくはそのガラスの粘度で 10^{13} dPaSに相当する温度までガラス成形品を型内に保持すると、ガラスと型との熱収縮率の差に起因して、微細パターンの凹凸個所に応力集中が起こる。

【0034】これは、微細パターンの凹凸個所におけるガラス成形品と型部材との局部的な熱収縮量差に比べ、ガラス成形品本体の全体的な熱収縮量差が大きく、特に、光学有効面の中央よりも、その外周部で、光学有効面に沿った内部応力が大きくなる傾向を持つと考えられる。その結果、温度降下によってガラス粘度が高まる経過で、熱応力との均衡が崩れ、ワレやクラックを生じるのである。

【0035】そこで、本発明では、熱応力との均衡が破れる前に、ガラス成形品の微細パターンを有する光学有効面を型部材の成形面から離脱させることを考慮して、それが、そのガラス粘度で 10^{12} dPaSに相当する温度以上であることを特定したのである。これは、微細パターンが、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下のオーダーを持つ凹凸形状において、ワレやクラックの発生防止のために有効である。

【0036】なお、微細パターンの転写精度を確保する点からは、離型後の成形品の変形、微細パターンの凹凸形状のだれを避ける意味で、実際の離型時の温度は、可及的に低い方がよい。従って、実用上は、離型の温度

は、そのガラス粘度で 10^{12} dPaS～ 10^{13} dPaSの範囲に設定するのがよい。

【0037】また、微細パターンを有する光学有効面が片面のみにある光学素子を成形する場合には、離型に際して、微細パターンが転写された成形品の面（光学有効面）を、他の面よりも早く型部材の成形面から離脱させることができほしい。これは、上型部材に微細パターンを転写する成形面を設け、該成形面におけるガラス成形品の重力による離型性を有効に利用するだけでなく、下型部材の成形面でガラス成形品全体を支えて、その変形を回避する点で、また、その影響で微細パターンの転写精度が低下するのを避ける点で有効である。

【0038】そのため、本発明では、上下一対の型部材により、ガラス素材の一面に微細パターン（ $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上で $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下のオーダーを持つ凹凸形状）を転写して、ガラス成形品に所要の光学機能面を形成する光学素子のプレス成形型において、上型部材の、微細パターンを有する成形面の離型時におけるガラス離型性よりも、下型部材の、微細パターンのない成形面のガラス離型性が低くなるように、型部材の成形面における材質、あるいは／および、表面粗さを選択して、両型部材の成形面を設定したのである。

【0039】因みに、上下の型部材において、上型部材の成形面に微細パターンを形成し、下型部材の成形面に平滑な転写面を形成した場合、成形品の重力を考慮しなければ、当然、上型部材の成形面の実質的なガラス接触表面積は、下型部材のそれよりも大きく、型表面に対する密着力が大きく、離型性が悪いことが容易に理解されよう。しかも、実際には、成形品の重力の影響は、型表

面に対する密着力に比べて問題にならない程度であるから、上述の本発明の成形方法のように、プレス成形後の冷却工程において、比較的高い温度で離型を実行したとしても、成形型において、微細パターンの有る成形面側でガラス成形品を先に離脱させるには、特別な配慮が必要である。

【0040】そして、その最も単純で簡潔な解決方法は、上述のような型部材の成形面における材質、あるいは／および、表面粗さの選択に依るのである。なお、本発明者は、多くの実験過程から、型表面に対するガラス成形品の離型性は、型の表面粗さと相関があり、同じ材質でも、粗くなるほど離型性が悪くなることを明らかにした。

【0041】その一つの成形型に対する実施の形態は、上型部材の、微細パターンを有する成形面を、硬質炭素膜、i-C、アモルファス炭化水素膜の何れかでコーティングするとともに、下型部材の、微細パターンのない成形面を、TiN、TaN、TiC、TaC、SiC、SiNなどの硬質セラミック、または、Pt、Pd、Ir、Rh、Os、Ru、Re、W、Taの内の一種以上を含む貴金属合金で構成するのである。

【0042】また、他の実施の形態は、上型部材の、微細パターンを有する成形面全領域と、下型部材の、微細パターンのない成形面の、少なくともプレス成形された光学素子の光学有効面に対応する部分領域とを、硬質炭素膜、i-C、アモルファス炭化水素膜の何れかでコーティングすると共に、下型部材の前記部分領域以外の成形面の部分領域をTiN、TaN、TiC、TaC、SiC、SiNなどの硬質セラミック、または、Pt、Pd、Ir、Rh、Os、Ru、Re、W、Taの内の一種以上を含む貴金属合金で構成するのである。

【0043】更に、他の実施の形態は、上型部材の、微細パターンを有する成形面全領域と、下型部材の、微細パターンのない成形面の、少なくともプレス成形された光学素子の光学有効面に対応する部分領域との表面粗さ

を、R_{max}で20nm以下（RMSで5nm以下）に、また、下型部材の前記領域外の成形面の部分領域の表面粗さを、R_{max}で50nm以上2000nm以下（RMSで15nm以上350nm以下）にするのである。なお、ここで、RMS値は、200μm角内の平方自乗平均である。

【0044】なお、これら型部材の成形面の材質、あるいは／および、表面粗さを選択する場合には、微細パターンを有する成形面についての離型時の温度を、ガラス粘度で10¹²dPaSに相当する温度以上に設定して、使用するのがよい。

【0045】このように、上型部材の、微細パターンを有する成形面について、その材質、表面粗さを選択することは、ガラス成形品のワレやクラックを回避するだけでなく、型表面に対するガラスの融着を防止する上で有効である。

【0046】

【実施例】（実施例1）図5は、本発明に係わる光学素子の成形方法の一つの実施様態を示すものである。図5(a)において、符号1、2は上下の型部材であり、それらの成形面にはスパッタ法により、TiN膜3、4が2μmの厚さでコーティングされる。また、上型部材1については、更に、その上にイオンビーム法により、i-C膜5が40nmの厚さでコーティングされている。また、型部材1、2の素材には石英を用いており、これらの成形面を平坦に、かつ、表面粗さをR_{max}で10nm（RMSで2nm）に研磨し、また、上型部材1の成形面には、フォトリソ法により、図5(b)に拡大して示したように、微細パターン1aを、成形面の中心から直径φ:10mmの領域だけに形成している。

【0047】符号6は直径φ:12mm、厚み:2.5mmの円板状のガラス素材である。なお、その組成を表3に示すホウ珪酸ガラスとした。

【0048】

【表3】

wt%

SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	ZnO	Sb ₂ O ₃
48.1	9.45	3.9	5.95	1.6	0.6	26.5	3.6	0.3

これらを、公知の加熱装置（図示せず）を用いて、不活性雰囲気としてのN₂中で、570℃に加熱し、図5(c)に示すように、ガラスの厚みが2mmになるよう、2450Nの荷重を60秒間、負荷した。その後、ガラスを515℃（ガラスの粘度で10¹²dPaSに相当する温度）まで、40℃/minの冷却速度で冷却して、図5(d)に示すように、上型部材1を上昇させ、成形されたガラス成形品（光学素子）の、微細パターンを有する光学有効面を、型部材1の成形面から剥離させた。

【0049】更に、下型部材2の成形面上に残されたガラス成形品を、450℃まで、80℃/minの冷却速度で冷却し、その後、成形型から取出した。成形されたガラス成形品にはワレやクラックもなく、また、型への融着、特に、微細パターンを有する面での融着もなかった。また、図5(b)に示すような形状の凹凸形状のエッジの部分7、8は、R:0.5μm以下になっており、転写性も良好であった。

【0050】（比較例1）本発明の優位性を示すために、以下に比較例を示す。ここでは、離型のために上型

部材1を上昇させる時の温度を490°C（ガラスの粘度で $10^{13.5}$ dPaSに相当）に設定した以外は、実施例1と全て、同じ条件でプレス成形しているが、その結果は、成形されたガラス成形品の微細パターンの一部にクラックが発生していた。また、離型のために、505°C（ガラスの粘度で $10^{12.5}$ dPaSに相当）の温度で、上型部材1を上昇させた場合にも、同様なクラックが発生した。

【0051】（比較例2）ここでは、上型部材1の成形面にi-Cをコーティングしない（TiNのまま）で、それ以外は、実施例1と全て、同じ条件で成形している。その結果、515°Cの温度で、上型部材1を上昇させたとき、ガラス成形品は、下型部材2とは剥離し、上型部材1に密着したままであった。その後、80°C/m inの冷却速度で冷却したところ、ガラス成形品は400°Cで上型部材1から剥離した。そこで、成形型から取出そうとしたが、ガラス成形品はワレしており、上型部材1の微細パターンの個所にガラスの一部が融着していた。

【0052】（比較例3）ここでは、実施例1と同じ型を用い、ガラス素材として、直径φ：12mm、厚み：1.5mmの円板を用いて、1.2mm厚さにプレス変形させた以外、上記実施例1と全て、同じ条件で成形している。その結果、515°Cの温度で、上型部材1との剥離は可能であったが、450°Cの温度でも、下型に付着したままであり、成形型から取出せず、380°Cの温度まで降下したところで、取出したが、この場合には、微細パターンのない下型の成形面に対応するガラス成形品の下面の平面部からクラックが発生していた。

【0053】以上のように、本発明の成形方法によれば、ガラスの粘度で 10^{12} dPaSに相当する温度以上で、微細パターンを有するガラス成形品の面を剥離することにより、微細パターンの凹凸形状の個所にワレやクラックの発生、あるいは、そこでの融着を防ぐことができる。

【0054】また、本発明の成形型によれば、微細パターンのない成形面の材質を、離型性の低い材料により、微細パターンを有する成形面から、他の特別な装置を用いることなく、転写後のガラス成形品を高温で容易に剥離することができる。ただし、光学素子の形状の特異性によっては、微細パターンのない面にクラ

ックが発生する場合もある。

【0055】（実施例2）この実施例では、図6に示すような成形型を用いて光学素子の成形を行った。ここでは、上下の型部材9、10のに材料に石英を用い、これらの成形面を平坦に、かつ、表面粗さをRmaxで10nm（RMSで2nm）に研磨した。そして、上型部材9の成形面には、フォトリソ法により、実施例1と同様な微細パターンを形成した。また、この型部材9、10には、スパッタ法により、TiN膜11、12を、それぞれ、2μmの厚さでコーティングし、更に、上型部材9の成形面にはイオンビーム法により、i-C膜13を40nmの厚さで形成した。また、下型部材10の成形面には、マスクをすることにより、中心から直径φ：11mmの領域内だけ、i-C膜14を40nmの厚さで形成した。なお、ガラス素材15は、直径φ：12mm、厚み：1.5mmの円板を用い、その硝種は実施例1と同じものとした。

【0056】これらを用いて、実施例1と同様の条件で、プレス成形したところ、前記比較例3と異なり、450°Cの温度でも取出し可能で、ガラス成形品の平面部にクラックがなく、また、光学有効面での微細パターンの転写性も良好であった。

【0057】以上のように、微細パターンを有する成形面と、微細パターンのない成形面の光学有効面に相当する領域とを、離型性に優れたi-C膜とし、微細パターンのない成形面の、光学有効面以外の領域を、離型性の低いTiN膜のままにすることにより、微細パターンを有する成形面をガラス素材に転写し、そのガラスの粘度で 10^{12} dPaSに相当する温度で、上記成形面からガラス成形品を剥離することが可能となり、光学有効面内のワレや、クラック、融着を防ぐことができる。

【0058】（実施例3）この実施例では、型部材の成形面について、実施例2の成形型において、TiNをSiCに、i-Cをグラファイトターゲットを用いたスパッタ法による硬質炭素膜に変更した以外は、同様に作製している。また、ガラス素材は、直径φ：12mm、厚み：1.5mmの円板で、その組成には、表2に示す磷酸系ガラスを採用した。

【0059】

【表4】

wt%

P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	ZnO	SiO ₂
48.7	0.93	2.12	1.74	4.12	6.53	4.60	30.9	0.34

これらを不活性雰囲気のN₂中で、385°Cの温度に加熱し、ガラスの厚みが1.2mmになるように、2450Nの荷重を60秒間、負荷した。その後、ガラスを360°C（ガラスの粘度で 10^{11} dPaSに相当する温

度）まで、20°C/m inの冷却速度で冷却して、上型部材を上昇させ、微細パターンを有する成形面からガラス成形品の上面を剥離させた。更に、ガラスを310°Cまで、40°C/m inの冷却速度で冷却して、成形型か

らガラスを取出した。

【0060】成形されたガラス成形品にはワレやクラックもなく、型への融着もなかった。また、成形面から転写された微細パターンも、エッチがR:0.5 μm以下で、転写性も良好であった。

【0061】(比較例4) 実施例3との比較のため、ここでは、離型のために上型部材を上昇させる時の温度を335°C(ガラスの粘度で10^{13.4}dPaSに相当する温度)にしたが、それ以外は、実施例3と全て、同じ条件でプレス成形した。その結果、成形されたガラスは、微細パターンの一部にクラックが発生していた。また、別に、離型する時の温度を345°C(ガラスの粘度で10^{12.3}dPaSに相当する温度)にした場合についても、同様なクラックが発生した。しかし、離型(上型部材の上昇)の際の温度を、350°C(ガラスの粘度で10^{11.8}dPaSに相当)にした場合には、発生しなかった。

【0062】(比較例5) ここでは、実施例3と同様に成形し、上型部材の温度を360°Cで、上昇させて、微細パターンを有する成形面からガラス成形品の上面を剥離させた後、図7に示すような、下からの突き出し棒16で、下型部材とガラス成形品の下面を強制的に剥離させ、ガラス成形品を成形型から取出した。その結果、成形されたガラス成形品17の微細パターンのある面には、ワレやクラックもなく、型への融着もなかった。しかし、取出されたガラス成形品は、下面剥離時の外力により、図8に示す様な変形が生じた。

【0063】以上のように、微細パターンを有する成形面と、微細パターンのない成形面の光学有効面に相当する領域とを、離型性の優れた硬質炭素膜とし、微細パターンのない面での上記領域以外の面を、離型性の低いSiCにすることにより、特別な剥離機構などを用いることなく、微細パターンを有する成形面をガラス素材に転写し、そのガラスの粘度で10¹¹dPaSに相当する温度で、ガラス成形品の上記転写面を剥離することが可能となり、剥離時に生ずるガラスの変形や、光学有効面内のワレ、クラック、融着を防ぐことができる。

【0064】(実施例4) ここでは、図9に示すような成形型を用いてプレス成形した。上型部材18には石英を用い、これを平面に研磨し、表面粗さをR_{max}で10nm(RMSで2nm)とした。その後、フォトリソ法により、実施例1と同じに、微細パターンを形成した。下型部材19にはバインダレス超硬合金を用い、これを平面に研磨した。ここでは、全面をまず1/4μmのダイヤモンドパウダーを用いて研磨することにより、表面粗さをR_{max}で13nm(RMSで3nm)とし、その後に、中心から直径φ:11mmより外の領域19aのみを、3μmのダイヤモンドパウダーで研磨することにより、表面粗さをR_{max}で50nm(RMSで15nm)とした。

【0065】そして、この型部材18、19に、スパッタ法により、TiN膜20、21を2μmの厚さでコーティングし、更に、上下型部材の両方に、イオンビーム法によりi-C膜22、23を、40nmの厚さで形成した。なお、ガラス素材24は、直径φ:12mm、厚み:1.5mmの円板で、その硝種には、実施例1と同じものを用いた。

【0066】これらを用いて、実施例1と同様の条件で、プレス成形したところ、515°Cでの上型型部材の成形面とガラス成形品の上面との剥離、及び、450°Cでの成形型からの取出しも可能で、ガラス成形品のワレやクラック、型への融着もなく、微細パターンの転写性も、エッチがR:0.5μm以下になっており、良好であった。

【0067】また、微細パターンのない成形面を、その中心から直径φ:11mmより外の領域のみを、#800のカーボンランダムであらし、その表面粗さをR_{max}で2000nm(RMSで350nm)とした。この成形型を用いても、上述同様なガラス成形品の形成が可能であった。

【0068】(比較例6) ここでは、微細パターンのない成形面の中心から直径φ:11mmより外の領域のみを、2μmのダイヤモンドパウダーで研磨することにより、表面粗さをR_{max}で40nm(RMSで10nm)とした以外は、実施例4と全て、同じ条件でプレス成形した。その結果、10回の成形で2回、515°Cでの上型部材とガラス成形品の上面との剥離時に、ガラスが上型部材に密着したまままで、先に成形品の下面が剥離した。この後、ガラス成形品を450°Cまで冷却して、取出したところ、微細パターンの一部にクラックが発生していた。

【0069】(比較例7) ここでは、微細パターンのない成形面の中心から直径φ:11mmより外の領域のみを、サンドblastにより、表面粗さをR_{max}で2500nm(RMSで400nm)とした以外は、実施例4と全て、同じ条件でプレス成形した。その結果、515°Cでの上型部材の成形面とガラス成形品の上面との剥離、及び、450°Cでの成形型からの取出しも可能であったが、成形品の下面周辺部からクラックが発生し、一部、型への融着も発生していた。

【0070】(比較例8) ここでは、微細パターンを有する成形面の全面と、微細パターンのない成形面の中心から直径φ:11mmの領域を、1.5μmのダイヤモンドパウダーを用いて研磨することにより、表面粗さをR_{max}で25nm(RMSで6nm)とし、微細パターンのない成形面の中心から直径φ:11mmより外の領域を、#800のカーボンランダムで粗し、表面粗さをR_{max}で2000nm(RMSで350nm)とした成形型を用いたが、その他は、実施例4と全て、同じ条件でプレス成形した。その結果、515°Cでの上型部材

の成形面とガラス成形品の上面との剥離、及び、450°Cでの成形型からの取出しも可能で、成形品のワレやクラック、型への融着もなく、微細パターンの転写性も、エッチがR: 0.5 μm以下になっており、良好であったが、成形品全体が曇っており、透過率が公差外であった。しかし、微細パターンを有する成形面の全面と微細パターンのない成形面の中心から直径φ: 11 mmの領域を、1 μmのダイヤモンドパウダーを用いて研磨することにより、表面粗さをR_{max}で20 nm (RMSで5 nm) にしたところ、成形したガラス成形品は、若干の曇はあるものの、その透過率は公差内であった。

【0071】以上のように、微細パターンを有する面と微細パターンのない面の光学有効面相当の領域の表面粗さをR_{max}で20 nm (RMSで5 nm) 以下とし、微細パターンのない成形面の上記以外の領域の表面粗さを、R_{max}で50 nm以上2000 nm以下 (RMSで15 nm以上350 nm以下) にすることにより、特別な剥離機構を用いることなく、微細パターンを有する成形面を、ガラス素材に転写し、そのガラスの粘度で10¹² dPaSに相当する温度で、剥離することが可能となり、剥離時に生ずるガラスの変形や、冷却時のワレ、クラック、融着を防ぐことができる。

【0072】(実施例5)ここでは、図10に示すような成形型を用いてプレス成形するが、上下の型部材25、26にはバインダレス超硬合金を用い、これを平面に研磨し、表面粗さをR_{max}で12 nm (RMSで3 nm) とした。型部材25は、フォトリソ法により、図10 (b) に拡大して示すような、微細パターン25aを、直径φ: 10 mmの領域だけ形成した。型部材26は、その成形面の中心から直径φ: 11 mmより外の領域26aのみを、#800のカーボランダムあらし、表面粗さをR_{max}で2000 nm (RMSで350 nm) とした。これら型部材25、26にスパッタ法により、TiN膜27、28を2 μmの厚さでコーティングし、更に、上下型部材の両方にイオンビーム法により、i-C膜29、30を、40 nmの厚さで形成した。なお、ガラス素材31は直径φ: 12 mm、厚み: 2.5 mmの円板で、その硝種は実施例1と同じものを用いた。

【0073】これらを用いて、実施例1と同様の条件でプレス成形したところ、515°Cでの上型部材の成形面とガラス成形品の上面との剥離、及び、450°Cでの型からの取出しも可能で、成形品のワレやクラック、型への融着もなく、微細パターンの転写性も、エッチがR: 0.5 μm以下になっており、良好であった。

【0074】(比較例9)ここでは、微細パターンのない成形面の中心から直径φ: 11 mmより外の領域のみを、4 μmのダイヤモンドパウダーで研磨することにより、表面粗さをR_{max}で80 nm (RMSで18 nm) とした以外は、実施例5と全て、同じ条件でプレス

成形した。その結果、10回の成形で3回、515°Cでの上型部材の成形面とガラス成形品の上面の剥離時に、ガラスが上型部材に密着したままであり、その下面が剥離した。この後、ガラス成形品を450°Cまで冷却して、取出したところ、微細パターンの一部にクラックが発生していた。しかし、微細パターンのない型の中心から直径φ: 11 mmより外の領域のみを、5 μmのダイヤモンドパウダーで研磨することにより、表面粗さをR_{max}で300 nm (RMSで25 nm) とした以外は、実施例5と全て、同じ条件でプレス成形したところ、10回の成形で、10回とも515°Cでの上型部材の成形面とガラス成形品の上面の剥離及び450°Cでの型からの取出しも可能で、成形品のワレやクラック、型への融着もなく、微細パターンの転写性も、エッチがR: 0.5 μm以下になっており、良好であった。

【0075】以上説明したように、実施例4、5から、微細パターンを有する成形面と微細パターンのない成形面の少なくとも光学有効面に相当する領域との表面粗さに対して、微細パターンのない成形面の、ガラスと接触する他の領域の面の表面粗さをより粗くすることにより、特別な剥離機構を用いることなく、微細パターンを有する成形面で転写し、そのガラスの粘度で10¹² dPaSに相当する温度で剥離することが可能となり、剥離時に生ずるガラス成形品の変形や冷却時のワレ、クラック、融着を防ぐことができる。また、微細パターンの形状による離型性の変化に対しても、微細パターンのない成形面の、光学有効面の相当領域以外の表面粗さを、R_{max}で50 nm以上2000 nm以下 (RMSで、15 nm以上350 nm以下) の範囲内で選ぶことにより、対応可能となる。

【0076】なお、これまでに述べた実施例では、離型性の良い表面材としてi-C、硬質炭素膜をあげたが、アモルファス炭化水素膜でも同様な結果が得られ、離型性の低い表面材としてTiN、SiCを挙げたが、TaN、TiC、TaC、SiNなどの硬質セラミックあるいは、Pt、Pd、Ir、Rh、Os、Ru、Re、W、Taの内の一種以上を含む貴金属合金でも同様な結果が得られた。

【0077】また、本発明の成形方法の実施の形態では、片面のみに微細パターンを有する光学有効面の光学素子を形成する場合について述べたが、上下の両面に微細パターンを有する光学有効面の光学素子を形成する場合にも、離型温度を特定した本発明の成形方法を採用することができる。この場合には、離型の際に、ガラス成形品を、その外周部で保持するなどの別の保持手段を用いればよい。

【0078】

【発明の効果】本発明は、以上説明したようになり、ガラス素材をプレス成形した後、成形されたガラス成形品と型部材との熱収縮率の差に起因する大きな応力がガラ

ス成形品に働く以前に、型部材からのガラス成形品の拘束を解除して、上記ガラス成形品のワレやクラックを防止する。

【0079】また、本発明では、微細パターンを有するガラス光学素子を、その微細パターンの個所で、ワレやクラックの発生、型へのガラスの融着のない成形が可能となる。

【0080】また、本発明の成形方法で採用される成形型によれば、片面に微細パターンを有するガラス光学素子を、特別な機構を追加することなく、容易に微細パターンの個所での離型を実現することができる。勿論、この発明によれば、微細パターンの形状毎に異なる離型性に対しても、容易に対処することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す型の概略断面正面図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態を示す型の概略断面正面図である。

【図3】同じく、これによって得られる光学素子の平面図である。

【図4】同じく、正面図である。

【図5】本発明の第3の実施例で用いる成形型とプロセスを示す概略図である。

【図6】同じく、本発明の第4の実施例で用いる成形型を示す概略図である。

【図7】同じく、比較例5で用いる離型機構を示す概略図である。

【図8】同じく、比較例5で成形されたガラスの形状を示す図である。

【図9】同じく、本発明の第5の実施例で用いる成形型を示す概略図である。

【図10】同じく、本発明の第6の実施例で用いる成形

型を示す概略図である。

【図11】成形されるフレネルレンズを示す概略図である。

【図12】成形される回折格子を示す概略図である。

【符号の説明】

1、2 型部材

1 a 微細パターンを有する成形面

3、4 TiN膜

5 i-C膜

6 ガラス素材

7、8 エッジ

9、10 型部材

11、12 TiN膜

13、14 i-C膜

15 ガラス素材

16 突き出し棒

17 ガラス成形品（光学素子）

18、19 型部材

19 a 表面粗さの異なる面

20、21 TiN膜

22、23 i-C膜

24 ガラス素材

25、26 型部材

27、28 TiN膜

29、30 i-C膜

31 ガラス素材

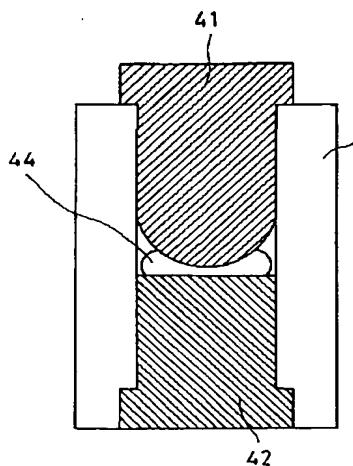
41、45 上型部材

42、46 下型部材

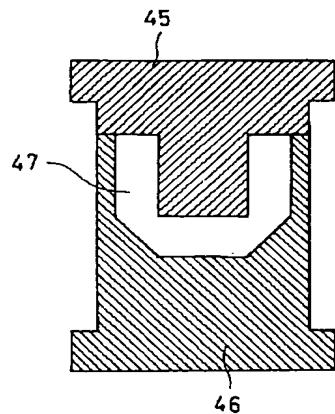
43、47 洞型

44、48 成形品

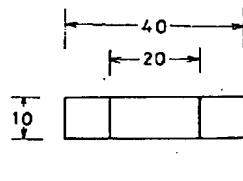
【図1】



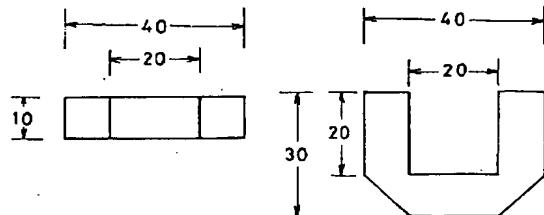
【図2】



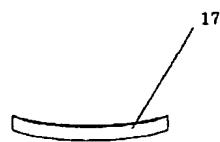
【図3】



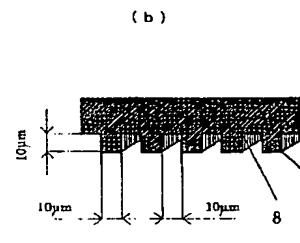
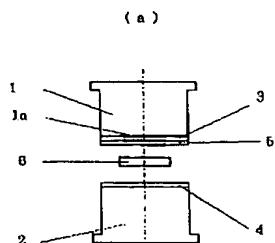
【図4】



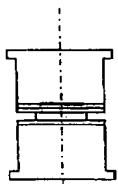
【図8】



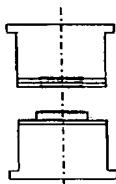
【図5】



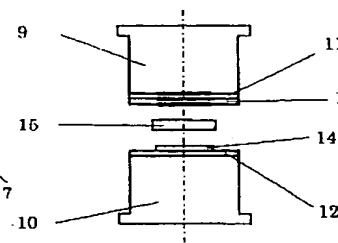
(c)



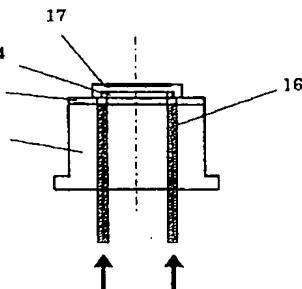
(d)



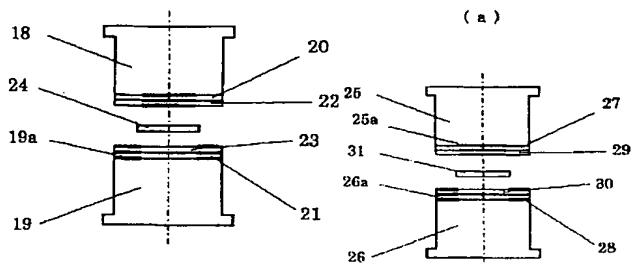
【図6】



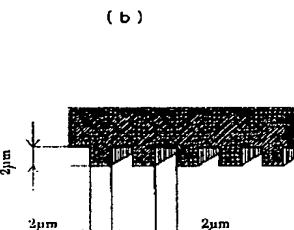
【図7】



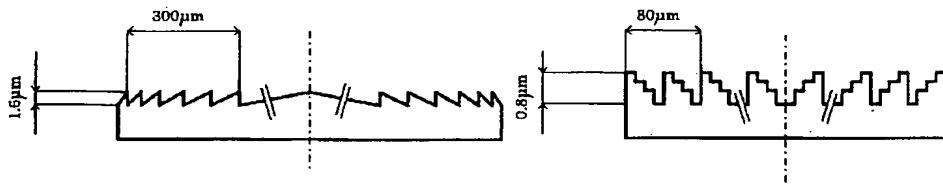
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 平林 敬二

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 橋本 茂

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 山本 潔

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内